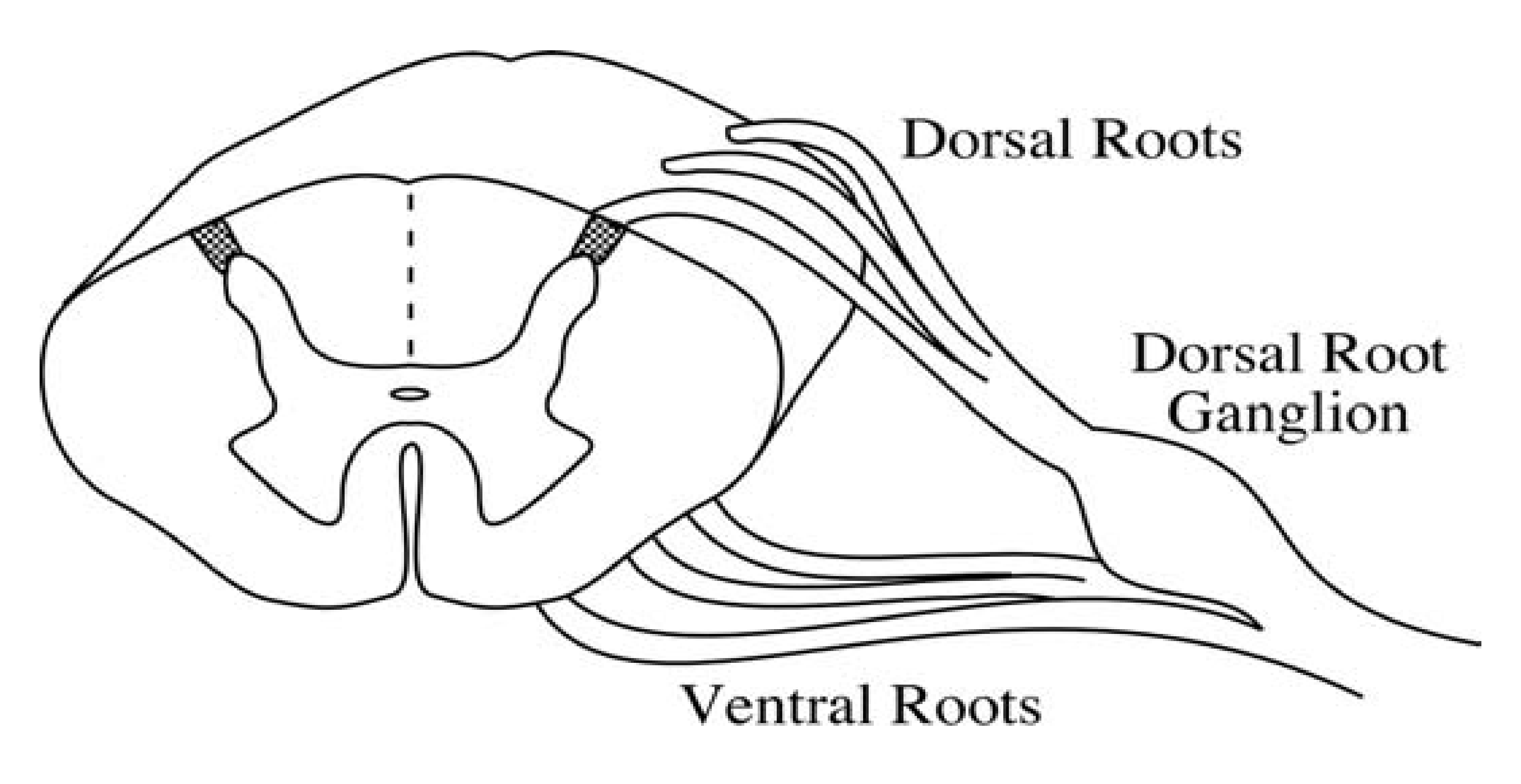


LES REFLEXES MÉDULLAIRES

Présenté par Dr ZAMOUM

LES REFLEXES MÉDULLAIRES

Présenté par Dr ZAMOUM. Mourad
mourad_zamoum@yahoo.fr

Généralités

Introduction

C’est au début du siècle dernier, grâce aux travaux du neurophysiologiste anglais Charles **Sherrington**(qui a eu le prix Nobel de physiologie et de médecine en 1932) sur la physiologie du système nerveux que les principaux mécanismes qui régissent le réflexe soient élucidés, que le rôle de chaque élément soit précisé et qu'on en arrive à la notion d'**arc réflexe**

Il a observé que les mouvement rythmiques des membres inferieurs pouvaient être obtenus chez le chien après une transsection de la moelle épinière (appelé **animal spinal**), séparant la partie basse de celle-ci du reste du SNC.

De fait, il existe au niveau de la moelle épinière de très nombreux circuits neuronaux locaux susceptible de permettre un activité motrice **coordonnée** tels les mouvements **stéréotypés** de la locomotion.
En effet, l'animal spinal reste capable de réagir, par des mouvements de ses membres paralysés, aux stimulations portées sur les parties de son corps. Ces réactions **inconscientes** et **involontaires** du fait de l'interruption de toutes les communications nerveuses avec le cerveau sont appelés **réflexes**, et comme la destruction de la moelle les abolit, ce sont des **réflexes médullaires.**

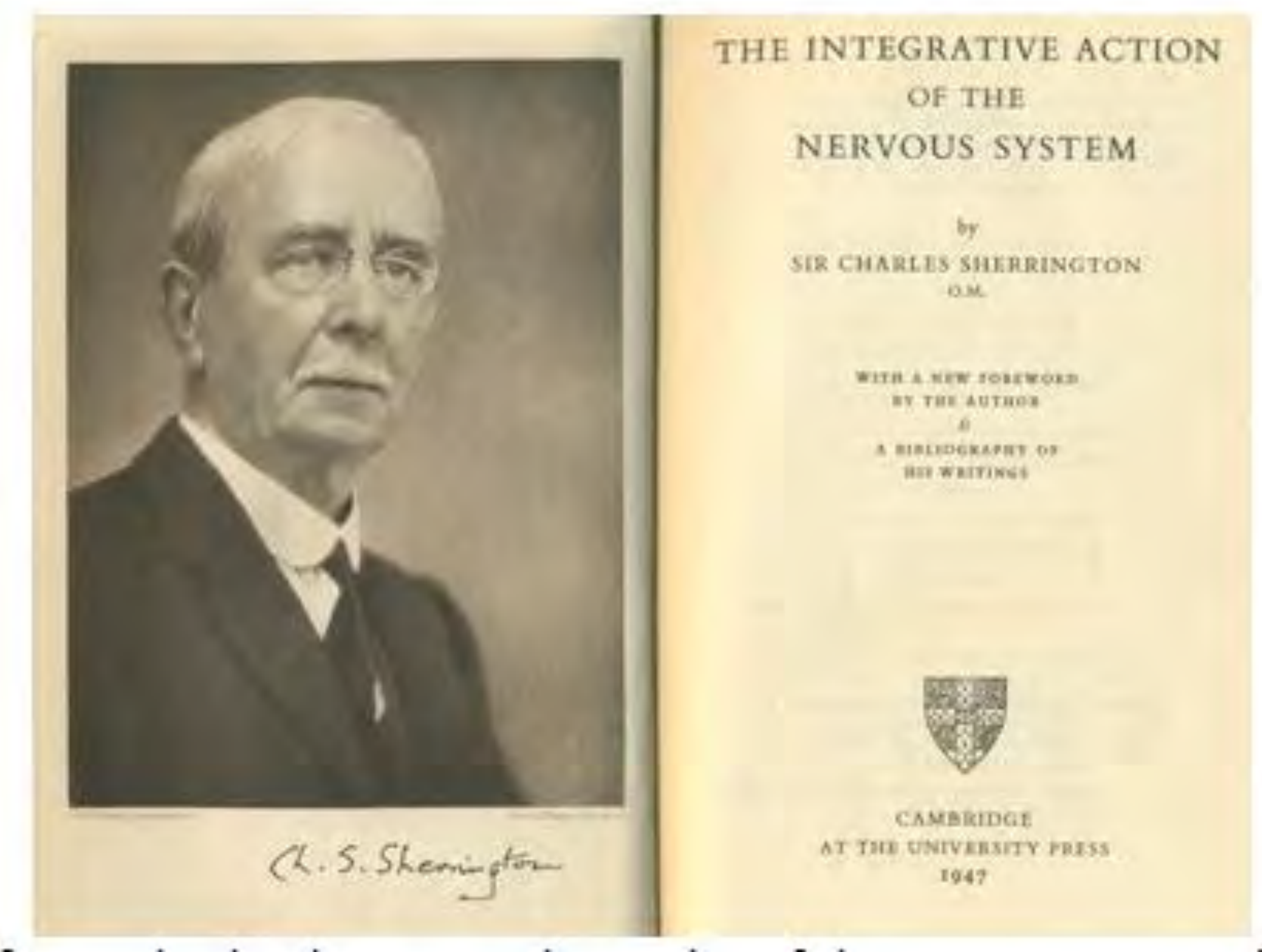


Figure 2: First page of Sherrington's famous book,
The Integrative Action of the Nervous System (1906)
the 5th edition of 1947.

Définition

Le reflexe médullaire est une réponse musculaire induit par une stimulation périphérique mettant en jeu les récepteurs cutanés, proprioceptifs ou viscéraux. On entend par réponse la contraction du muscle ou son relâchement. C'est une réponse inconsciente, involontaire, prévisible et stéréotypée.
Et l'arc reflexe est le substratum anatomique nécessaire dont sont intégrité est obligatoire pour toute activité reflexe.

CLASSIFICATION DES REFLEXES

Les réflexes médullaires peuvent être classés :

1-Selon le stimulus et la nature du récepteur qui leurs donnent naissance :

- **A point de départ cutané** : appelé aussi **réflexe extéroceptif** (ex: Réflexe ipsilatéral de flexion)

- **A point de départ musculo-tendineux** : appelé **réflexe proprioceptif** (ex: Réflexe myotatique)

2-Selon l'organisation des connexions et le nombre de synapse mise en jeux

- **Réflexe monosynaptique** : dont la connexion entre la fibre afférente et le motoneurone α se fait par l'intermédiaire d'une **seule synapse** c'est dire **pas d'interneurone** (ex: Réflexe myotatique)
- **Réflexe polysynaptique** : la connexion entre la fibre afférente et le motoneurone α se fait par l'intermédiaire **de deux synapses ou plus** un c'est-à-dire **1 interneurone ou plus** (ex: Réflexe ipsilatéral de flexion)

3-Selon le type de réaction déclenchée :

- **Réflexe de flexion** : la réponse est une flexion

- **Réflexe d'extension :** la réponse est une extension

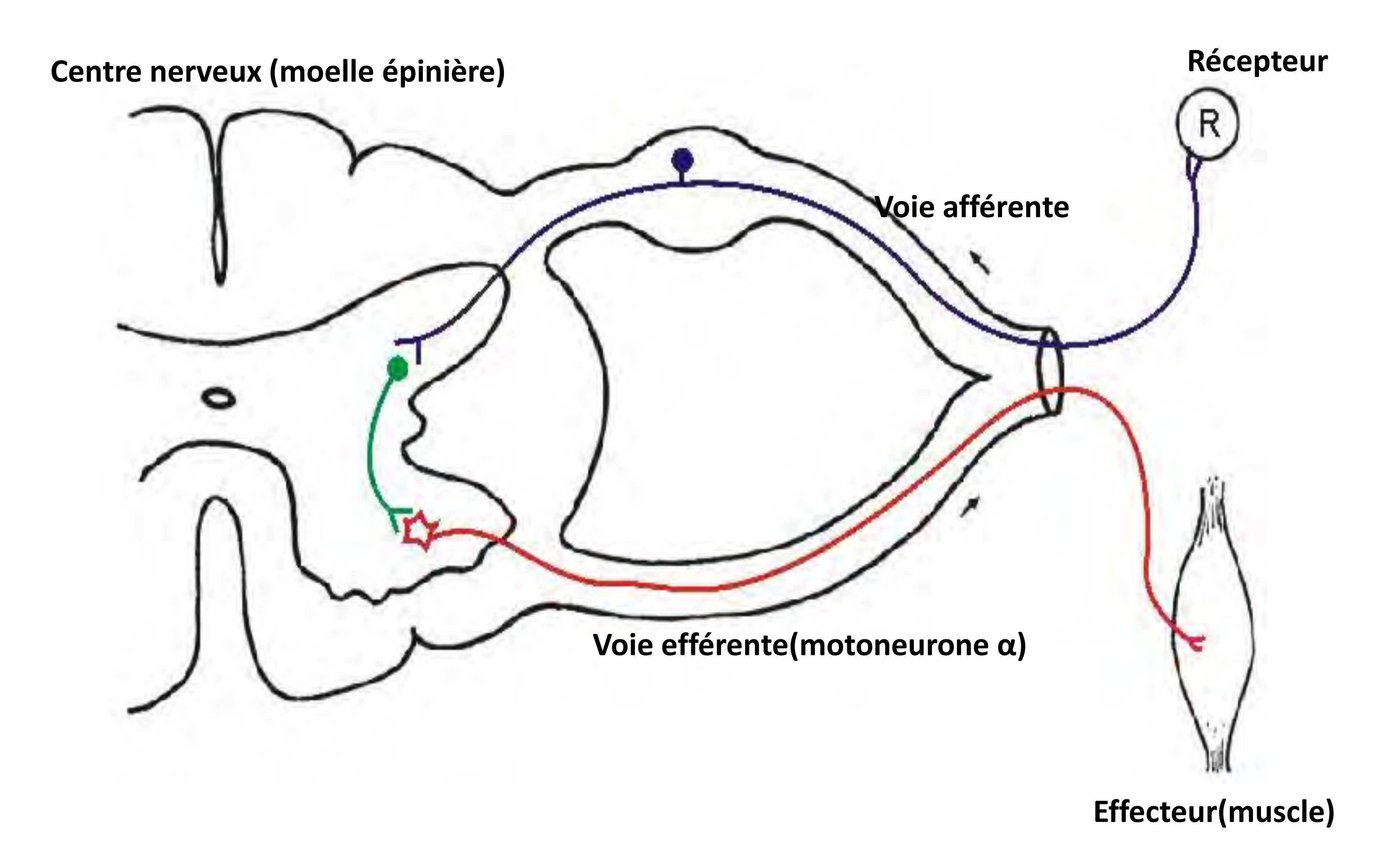
De façon générale on peut distinguer 02 principaux types de reflexes :

Réflexe d'étirement : réponse réflexe du muscle à son propre étirement (ex: Réflexe myotatique)

Réflexe de flexion : réponse réflexe du muscle ou groupe musculaire permettant le retrait d'un membre d'une stimulation nociceptive, capable d'induire une lésion cutanée (ex: Réflexe ipsilatéral de flexion).

ORGANISATION GENERALE DE L'ARC REFLEXE

ORGANISATION GENERALE DE L'ARC REFLEXE



- ***L'arc réflexe*** est le substratum anatomique nécessaire et dont l'intégrité est obligatoire pour toute activité réflexe. Il est constitué d'un versant afférent, versant efférent et centre réflexe

1-VERSANT AFFERENT = Récepteur + La voie afférente:

- **Récepteur** qui peuvent être cutané ou musculaire recevant la stimulation dans lequel l’énergie physique ou chimique du stimulus est transformée en un signal électrique c’est la transduction.
- **La voie afférente :** les fibre sensitives (qui innervent ces récepteurs) qui vont véhiculer l’information (le signal électrique) jusqu’au centre nerveux .

2- CENTRE NERVEUX :

Représentée par la moelle épinière, centre d'intégration au sein duquel se trouvent des connexions plus ou moins complexes entres fibres afférentes et fibres efférentes, ces connections peuvent être monosynaptique ou polysynaptique.

Nb: Pour les reflexe bulbaires, le centre est le tronc cérébral. exp: reflexe de clignement

3-VERSANT EFFERENT = Voie efférente + Effecteur

- **Voie efférente :** est le motoneurone α (fibre motrice) dont le soma est dans la corne anterieur de la moelle épinière qui envoie son axone pour innerver l'effecteur.
- **Effecteur :** muscle strié squellétique (fléchisseur ou extenseur)

DEUX EXEMPLES DE REFLEXES MÉDULLAIRES

A- LE REFLEXE MYOTATIQUE

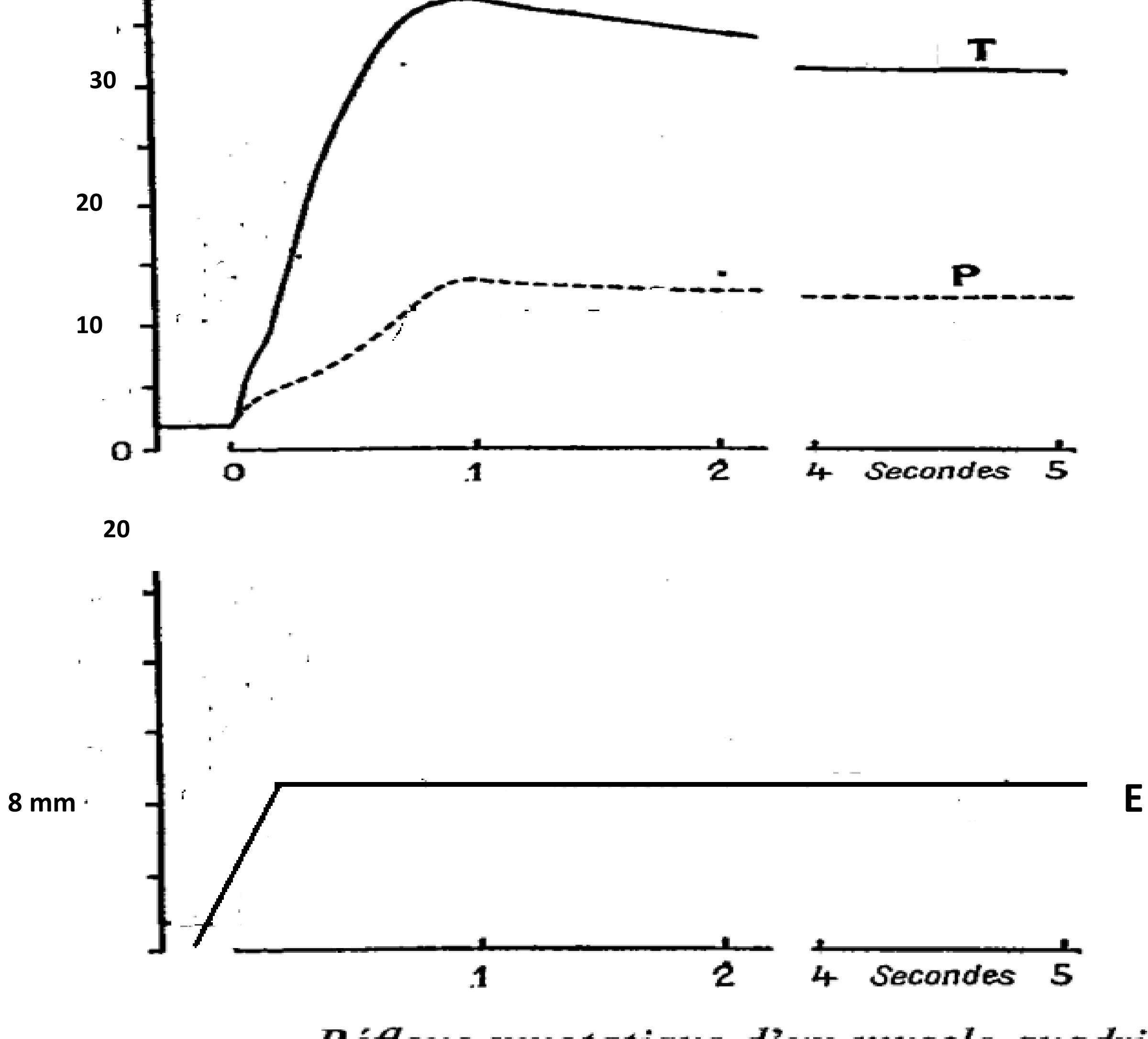
DEFINITION

Le réflexe myotatique (stretch reflex), appelé aussi réflexe d'étirement, est la contraction reflexe d'un muscle en réponse à son propre étirement. C'est un reflexe monosynaptique

MISE EN EVIDENCE

Ce réflexe a été mis en évidence Sherrington, Chez le chat décérébré. On désinsère le muscle quadriceps dont le tendon est attaché à un myographe isométrique tandis que le fémur est fixé rigidement à une table indépendante du myographe. Le corps de l'animal repose sur cette table située au-dessous du myographe. La table peut être élevée ou abaissée par rapport au myographe de façon à relâcher ou à étirer le muscle (le muscle devra nécessairement avoir conservé ses connections spinales (sensitives et motrices). La peau du membre est énervée et les nerfs des autres muscles sectionnés.

.



— *Réflexe myotatique d'un muscle quadriceps chez le Chat décérébré.*

Dans ces conditions, lorsque on exerce une traction sur le muscle (produisant un certain étirement), on constate que le muscle développe rapidement une tension **(T)**, après une phase initiale plus intense (phase dynamique) cette tension se maintient à un plateau pendant toute la durée de la traction (phase statique) et qui disparaît très rapidement lorsque le muscle retrouve sa longueur initiale.

Après section du nerf innervant le muscle, le même étirement engendre une tension **(P)** beaucoup plus faible qui est simplement celle que l'on pourrait s'attendre d'un système élastique passif (**tension passive**).

La différence entre les tensions (T) et (P) observées avant et après section du nerf représente la tension due à **la contraction réflexe du muscle.**

La section des racines dorsales appropriées (**muscle déafférenté**) engendre en général la même tension élastique que celle due à l'allongement d'un muscle dont le nerf a été sectionné.

Donc après élimination de l'innervation sensitive ou motrice, il ne subsiste que la tension passive élastique du muscle. **Il s'agit donc bien d'un reflexe**

Les récepteurs correspondants se situent dans le muscle lui-même puisque la **suppression** de **l'innervation de tous les autre muscles** ainsi que **l'innervation cutanée** du membre **reste sans effet**, il s'agit donc d'un reflexe **proprioceptif.**

Ce reflexe myotatique présente deux composantes:

-Composante phasique *:* intenses et de courte durée, provoquées par *l'allongement dynamique*

-Composante tonique: généralement plus faibles mais persistant beaucoup plus longtemps, dues à *l'allongement constant.*

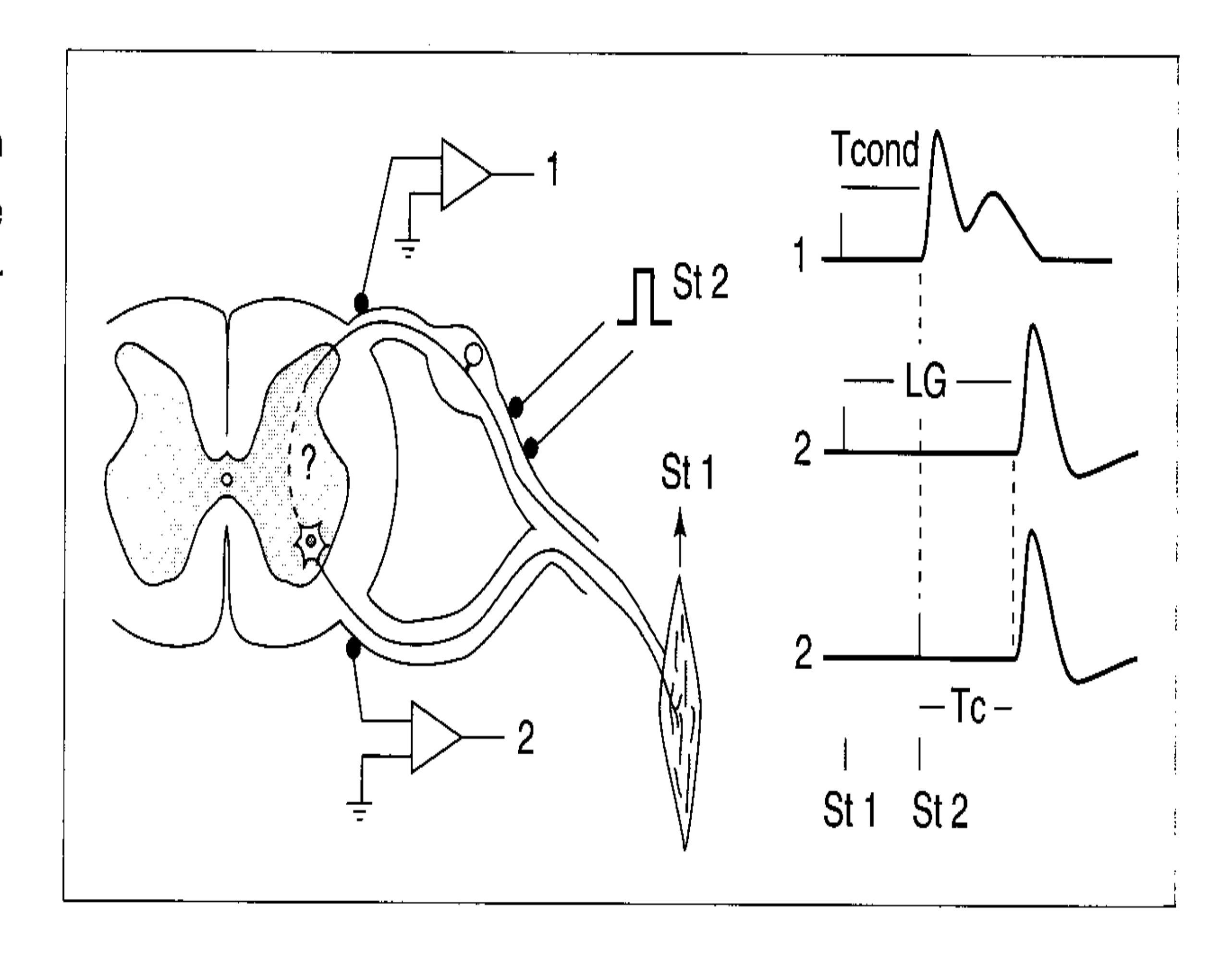
Il résulte d'une analyse systématique de ce reflexe, combinée à des constatations histologiques que les **fibres afférentes** sont celles des terminaisons primaires (**fibres Ia**) des **fuseaux neuromusculaires**, celles ci s'articulent **monosynaptiquement** avec le **motoneurone alpha** au niveau e la moelle épinière.

ELECTROPHYSIOLOGIE

L’électrophysiologie a tenté de déterminer le nombre exacte de synapses centrales constituant l’arc reflexe.

Et la nature monosynaptique de l’arc reflexe myotatique a été démontré par Lloyd en 1943 à partir des données électrophysiologiques basée sur la mesure *du* ***temps de conduction central*** (c'est-à-dire le temps mis par les influx nerveux pour traverser la moelle épinière depuis le moment de l’entrée de la volée afférente sensorielle par les racines dorsales jusqu’au moment de la sortie de la réponse réflexe par les racines ventrales) et le **comparer au délai synaptique.**

Figure 9.11. Lloyd a démontré la nature monosynaptique du réflexe myotatique de manière indirecte par l'électrophysiologie.
(d'après Lloyd, 1943).



Expérience de Llyod

- Dans un premier temps, on mesure la latence globale **(L_G)** c'est-à-dire le délai qui existe entre le moment où le muscle est brusquement étiré (St 1) et le moment ou une réponse électrophysiologique est enregistré sur la racine ventrale (en 2). Cette latence est elle-même la somme de deux éléments :

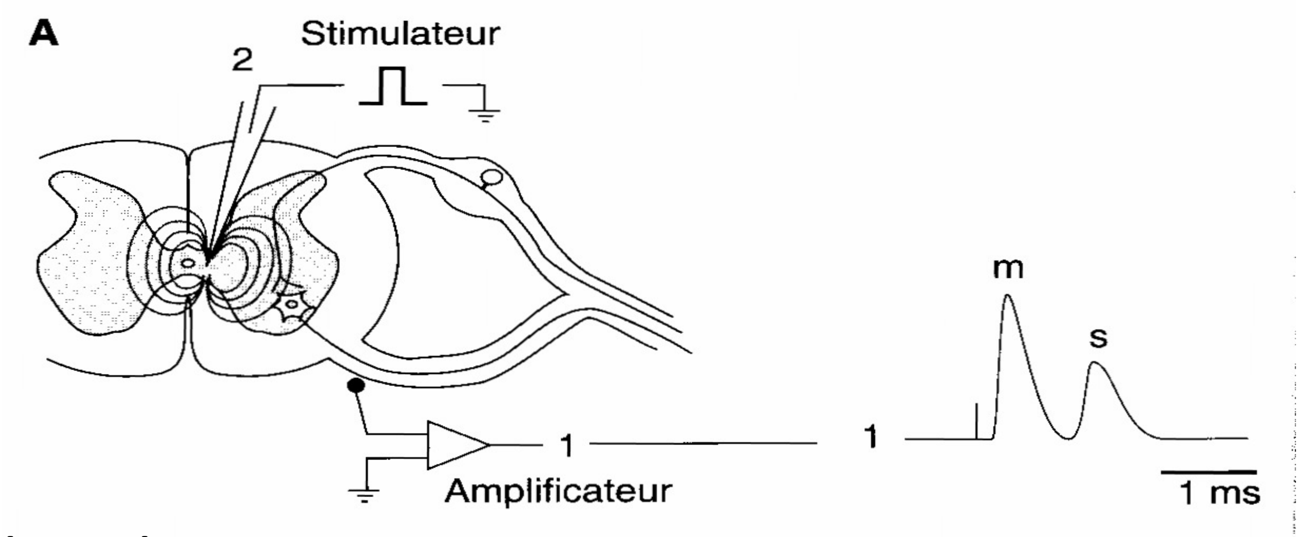
  -Le délai de conduction central du réflexe **(Tc)**

  -Et un temps de conduction périphérique

T_{cond}, qui est le délai nécessaire pour que les influx sensitifs qui partent du fuseau neuromusculaire atteignent la moelle épinière.

Le temps de conduction périphérique est évalué en repérant le moment où la volée afférente d'influx pénètre dans la moelle épinière à l'aide d'une paire d'électrode (en 1) placées sur la racine dorsale.
Le temps central **Tc est alors la différence (L_G – T_{cond})**. Il est approximativement de **0.7ms**.

Or puisque le passage d’une **seule synapse** dans le système nerveux central prend **0.6 à 0.8ms** comme il a été démontré par **Renshaw**, le réflexe myotatique ne peut être que **monosynaptique.**



L'expérience de Renshaw

-Sur une racine ventrale, on enregistre la réponse motrice globale (en 1) évoquée par stimulation électrique directe de la corne ventrale de la moelle épinière (en 2).

La réponse présente deux composantes, l'onde **m** précoce et l'onde **s** tardive. La première est attribuée à l'excitation électrique directe des motoneurones et la seconde à l'excitation de ces mêmes motoneurones au travers d'une synapse après que les neurones prémotoneuronaux aient été eux mêmes électriquement excitées.

Le délai séparant **m** et **s** représente le délai synaptique dans le système nerveux central. Il avoisine **0,6 à 0,8 ms**.

CARACTÉRISTIQUES

Le réflexe myotatique est:

1-Localisé :seul le muscle (ou même le chef musculaire) soumis à l'allongement se contracte.

2-Monosynaptique: de latence courte.

3-Proprioceptif: à point de départ musculaire –fuseau neuromusculaire.

4-Persistant durant toute durée de la stimulation (**caractère tonique**) et disparaît à son arrêt (**pas de post décharge**).

[redacted]pouvant répondre à de [redacted]s de stimulus.

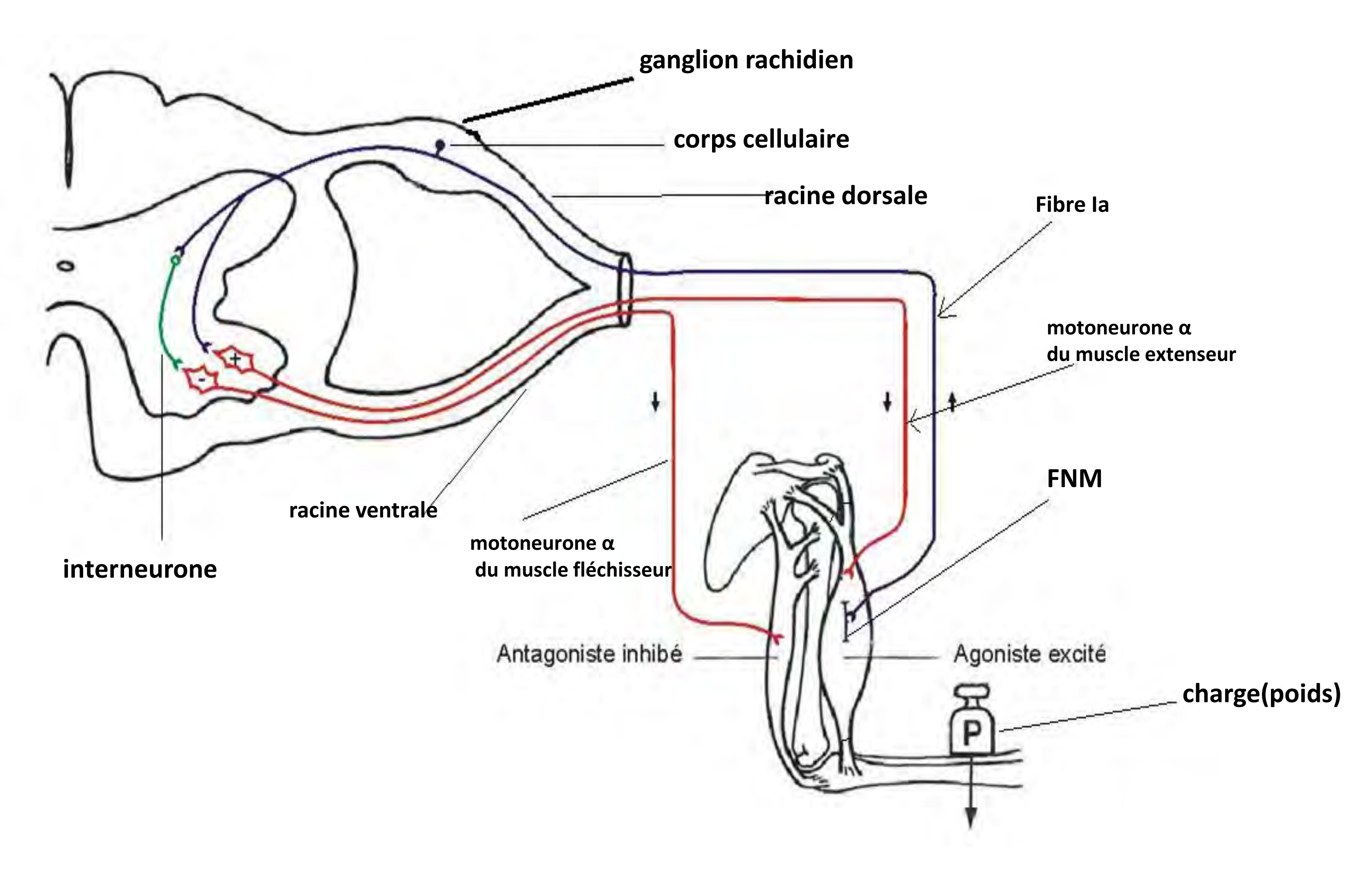
6-Relativement <u>résistant au anesthésique et l'anoxie.</u>

7- Présente deux composantes :

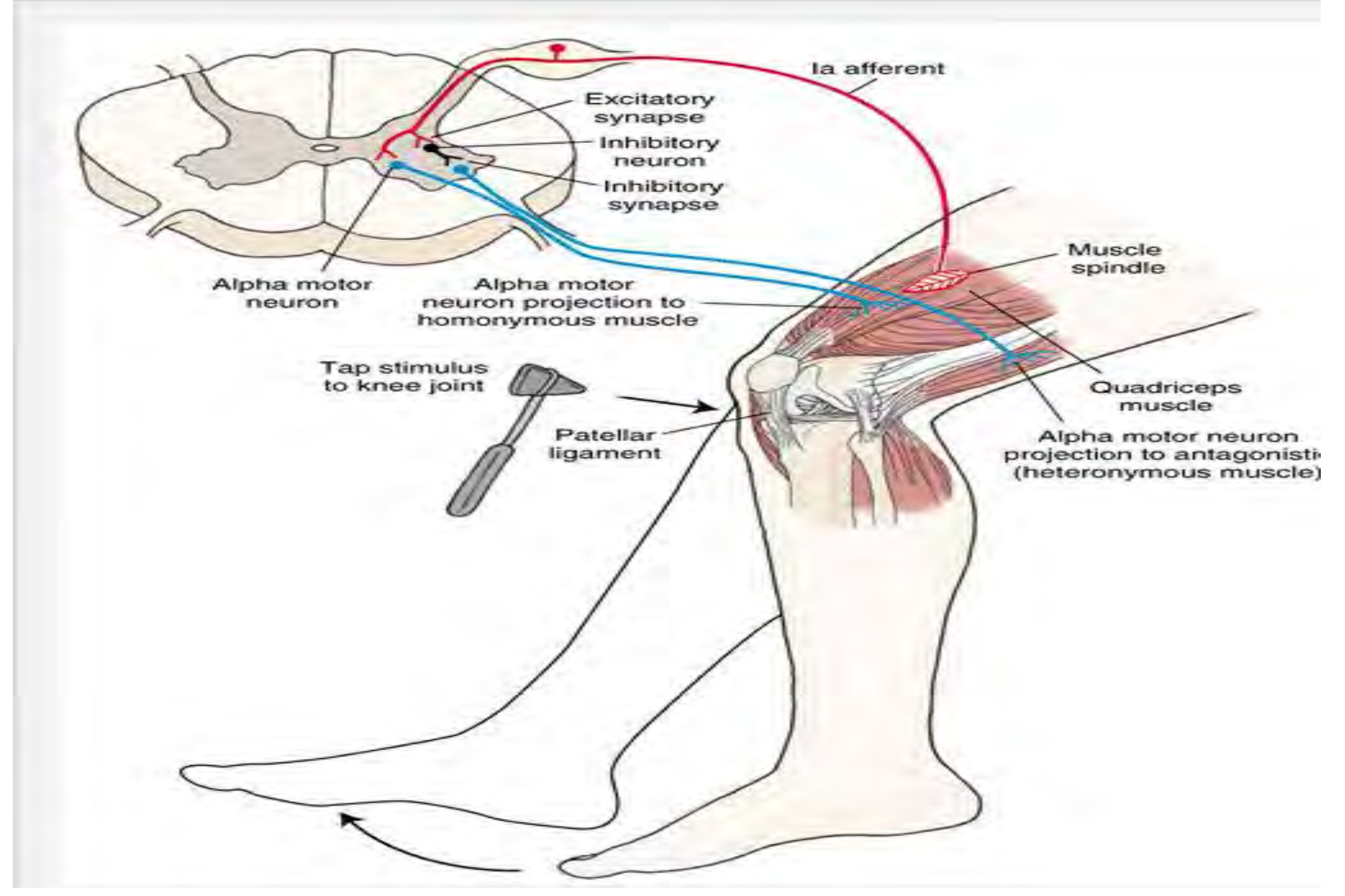
<u>Phasiques</u> présents dans tous les muscles squelettiques *extenseurs et fléchisseurs*.

<u>Toniques</u> surtout développés dans les muscles *extenseurs* proximaux dont l'une des fonctions est de s'opposer à l'action de la pesanteur (muscles antigravitaire) qui joue un rôle prépondérant dans le tonus musculaire

ORGANISATION



reflexe myotatique



Le réflexe myotatique

L'arc reflexe est constitué de:

-Versant afférent: récepteur + voie afférente

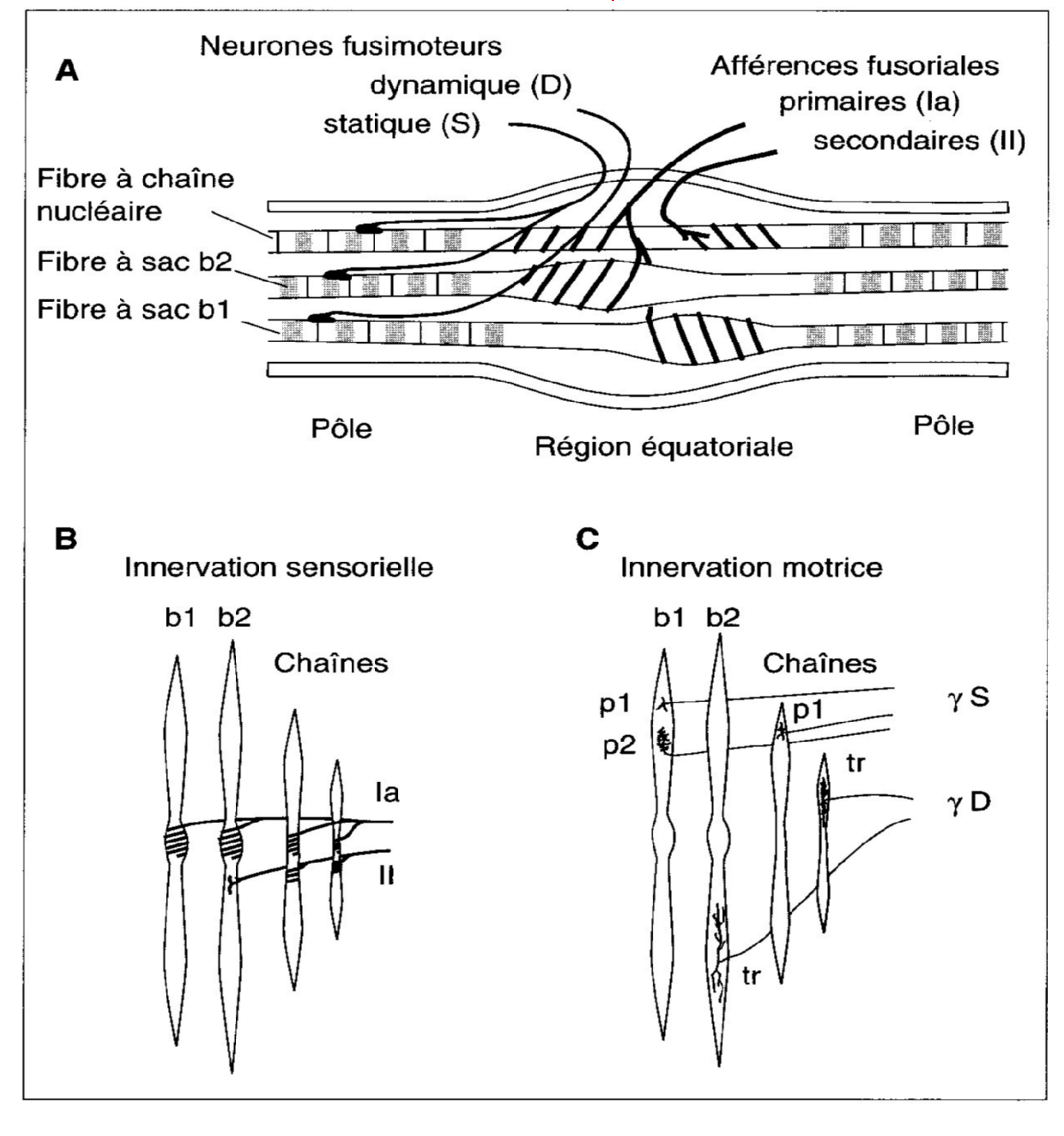
Récepteur : représenté par le **fuseau neuromusculaire**. Qui est un propriocepteur de bas seuil localisé au niveau du muscle strié squelettique, constitué d'une enveloppe conjonctive, étroite à ces deux extrémités et renflée à sa partie équatoriale contenant de 4 à 15 fibres musculaires dite intrafusoriales, qui sont disposés parallèlement aux fibres musculaires extrafusoriales, ces fibres intrafusoriales présentent à leur partie polaire des myofibrilles contractiles tandis que la partie médiane est dépourvue de myofibrille, contenant l'ensemble des noyaux.

Selon la dispositionde ces noyaux on distinguem

Les fibres à sac nucléaire dont les noyaux sont regrouppés dans la partie équatoriale parfois renflée.

Les fibres à chaine nucléire dont les noyaux sont allignés le long de la région équatoriale.

Figure 8.9. A : Schéma simplifié de la structure et de l'innervation d'un fuseau neuromusculaire. **B** : L'innervation sensitive des fibres intrafusales. **C** : L'innervation motrice des fibres intrafusales.
(B et C d'après Laporte, repris par Petit).



Fuseau neuromusculaire



Fuseau neuromusculaire

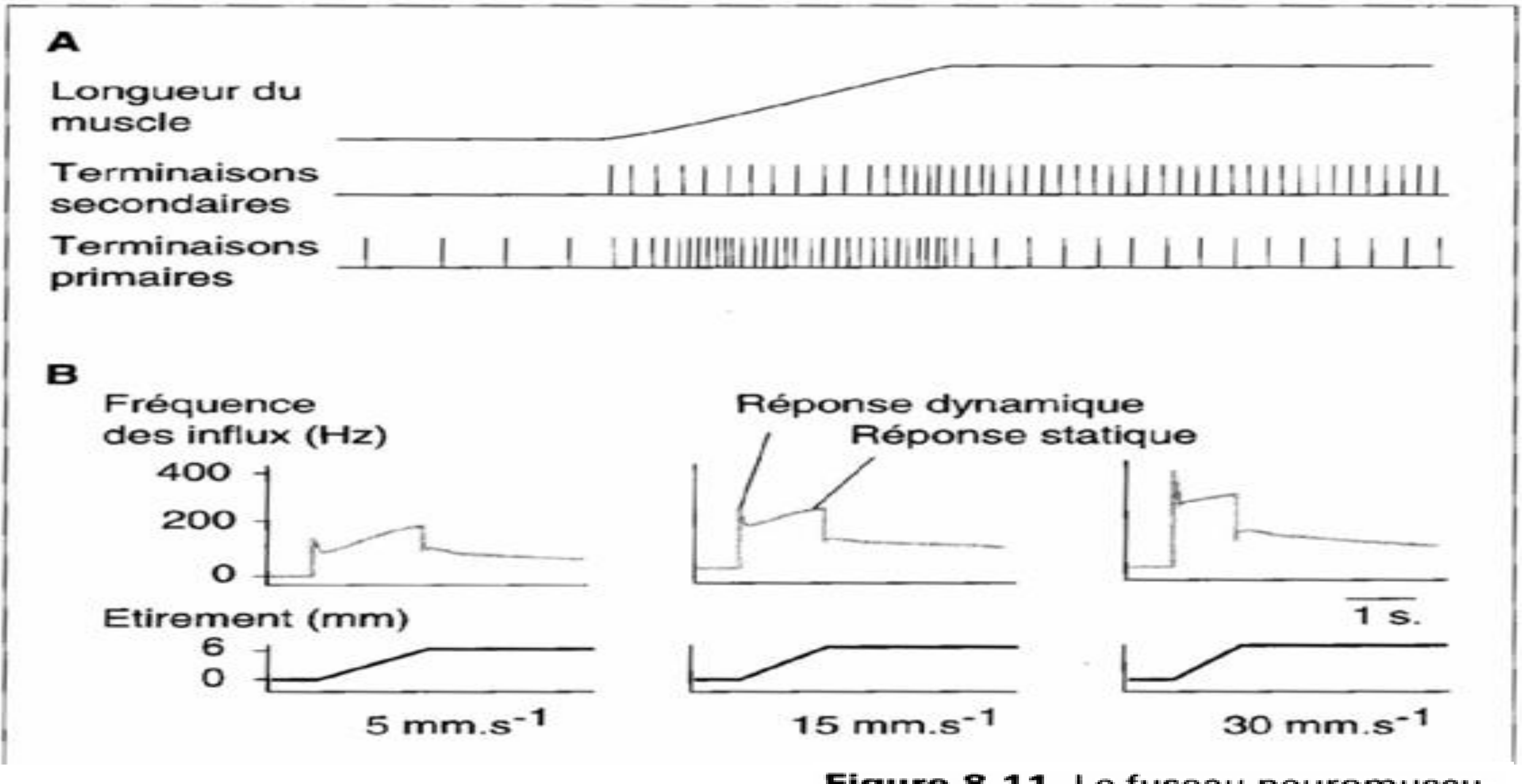


Figure 8.11. Le fuseau neuromusculaire est sensible à la longueur du muscle. **A** : Réponses d'une terminaison primaire et d'une terminaison secondaire à un étirement du muscle (d'après Jansen et Matthews, 1962). **B** : Effet d'une augmentation de la vitesse de l'étirement sur la réponse dynamique d'une terminaison primaire (d'après Matthews, 1963).

Fonctionnement du FNM

Voie afférente: représentée essentiellement par les **fibres primaire de type Ia** assurant l'innervation sensitive par leur terminaisons qui s'enroulent autour des fibres intrafusoriales par leur partie équatoriales des FNM. Ces fibres cheminent au sein du nerf musculaire puis empruntant la racine dorsale pour pénétrer dans la moelle épinière (le soma de ces fibres se situe dans le ganglion rachidien.

Centre nerveux: représenté par **la moelle épinière**. À l'intérieur de la moelle épinière la fibre afférente **la** pénètre dans la corne dorsale, et passe dans la corne ventrale pour s'articuler **monosynaptiquement** avec le **motoneurone α.**

Versant efférent: comprend la voie efférente (motoneurone alpha et son axone)et l'effecteur (muscle).

voie efférente: **le motoneurone α** envoie son axone qui sort par la racine ventrale puis chemine dans un nerf musculaire jusqu'au muscle pour assurer son innervation motrice (un motoneurone alpha innerve plusieurs fibres musculaires extrafusales, l'ensemble constitue l'unité motrice).

L'effecteur: représenté par **le muscle** (extenseur ou fléchisseur)

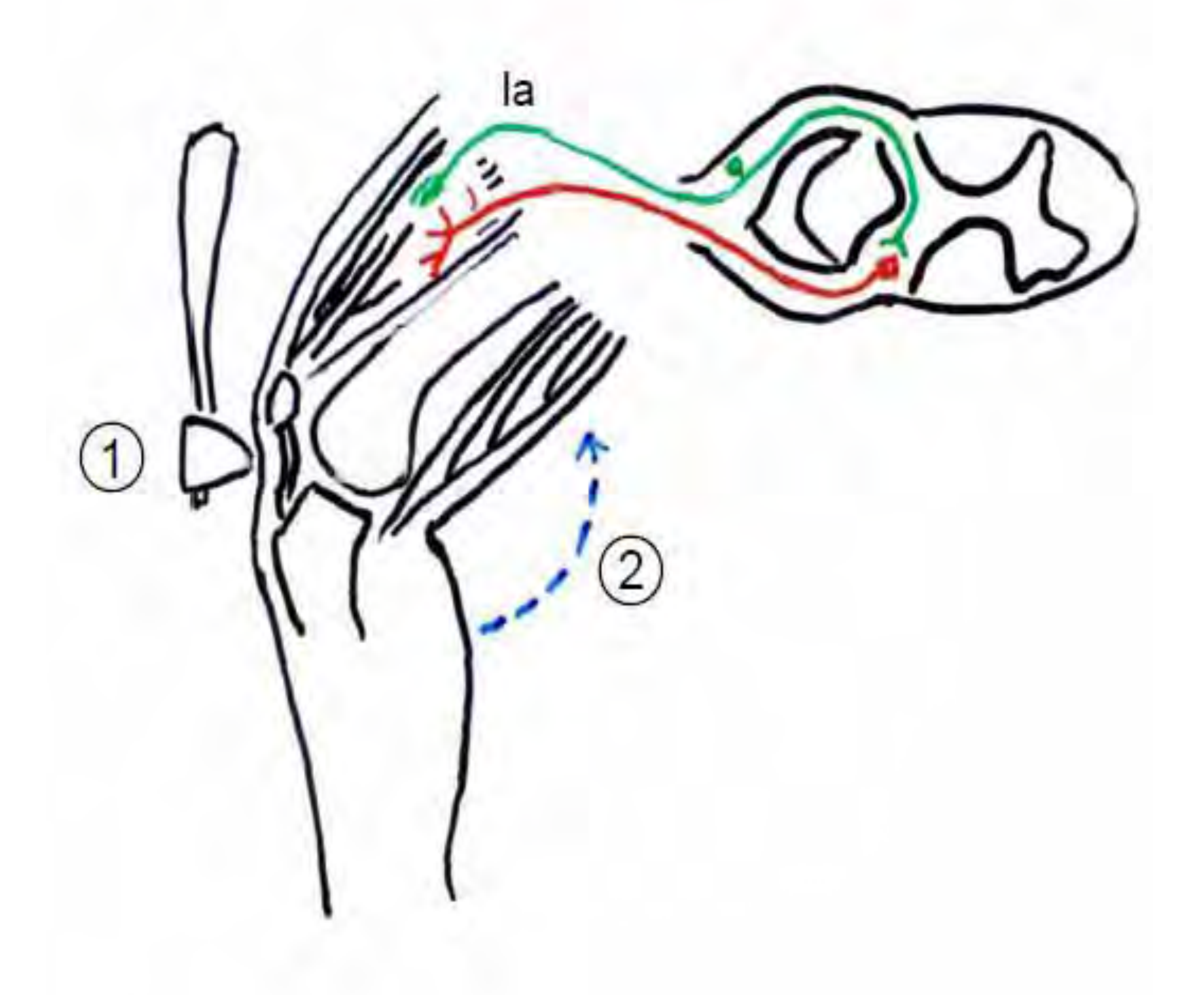
APPLICATION CLINIQUE : Réflexe ostéo-tendineux

La percussion du tendon d'un muscle avec un marteau à réflexe provoque dans les condition normales une brève secousse réflexe de ce muscle, Cette secousse réflexe représente la partie initiale phasique du réflexe myotatique. Elle résulte de l'allongement brusque du muscle sous l'effet de la dépression son tendon.

Les réflexes osteo-tendineux sont systématiquement étudiés dans l'exploration clinique du SN ils permettent d'explorer les arc reflexe des différents étages de la moelle épinière tel que : réflexe achillien:S1; reflexe tricipital: C7.

L'abolition de ces reflexes oriente vers une atteinte **neurogène périphérique**.

Leur **exagération** oriente vers une atteinte **neurogène centrale.**



Réflexe ostéo-tendineux

APPLICATION ELECTROPHYSIOLOGIQUE :

Réflexe H de HOFFMANN

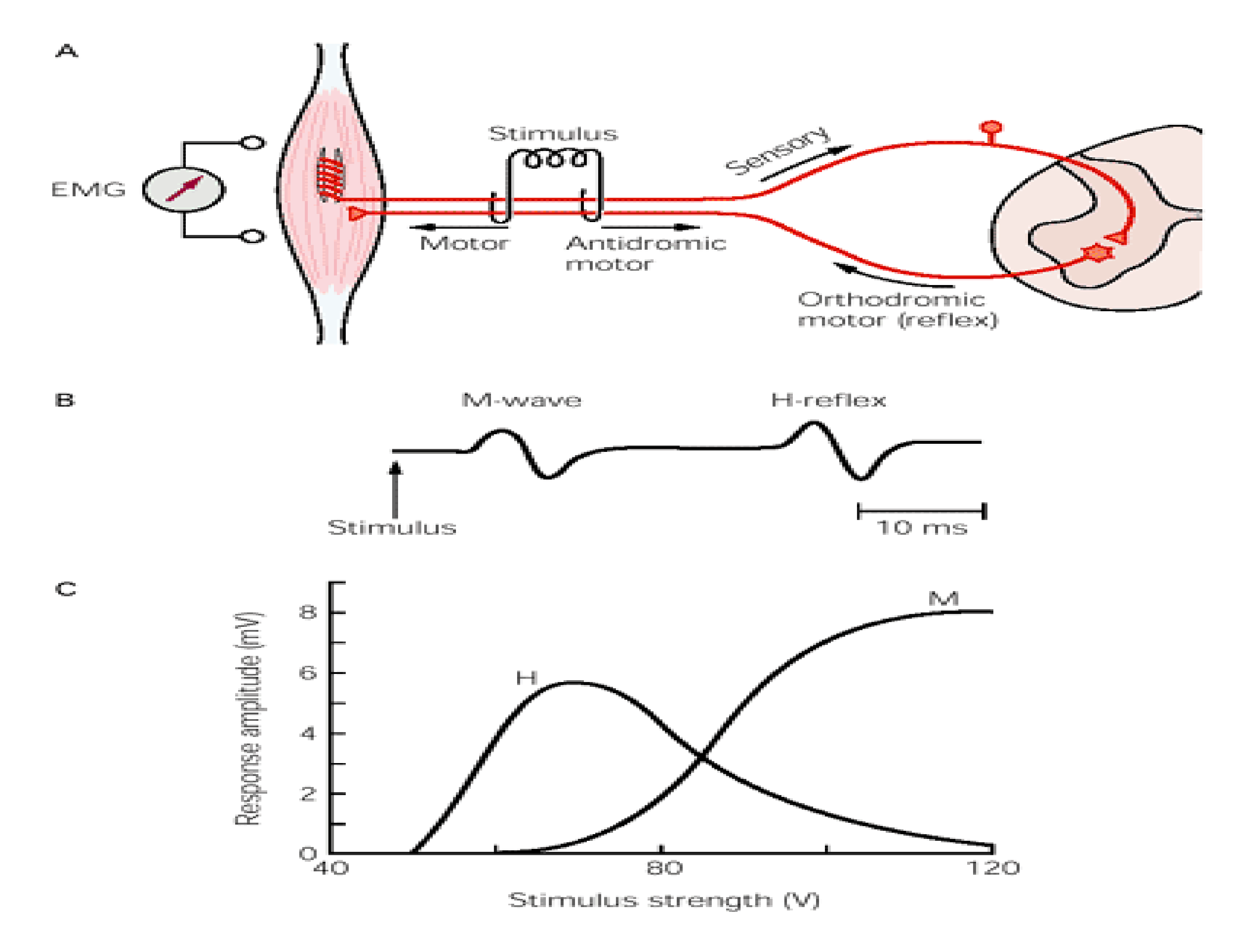
Quand on excite à travers la peau, par un stimulus électrique unique, un nerf musculaire (par exemple le nerf sciatique poplité interne dans le creux poplité) on peut enregistrer (dans les conditions normales à l'aide d'électrodes d'enregisretrement placées à la surface du muscle) au niveau du muscle triceps sural des réponses électromyographiques dont le type dépend de l'intensité du stimulus utilisé.

Lorsque les axones afférents de gros diamètre (axone du groupe **Ia**) sont exclusivement excités on observe une réponse réflexe électromyographique appelée réponse **H** (réponse d'Hoffmann). Les motoneurones du triceps sural ont été activés par l'arrivée des influx afférents comme ils le sont lors d'un étirement brusque du muscle, par percussion tendineuse.
Si le stimulus utilisé est plus intense, les axones moteurs (**motoneurone α**) du nerf vont être excités. En effet, ces axones présentant un diamètre légèrement inférieur aux axones du groupe Ia, ont un seuil de stimulation plus élevé.

On observe dans ces conditions une réponse électromyographique directe appelée réponse **M**(Induite directement par l’excitation des axones moteurs) associée à une réponse tardive qui est la réponse H(induite par l’excitation des fibres afférentes la c’est-à-dire parcourant l’arc reflexe.

Et si on continue à augmenter le courant la réponse H disparait (effet de collision) , parfois remplacée par une réponse F.

Hoffmann Reflex



Hoffmann Reflex

ROLE PHYSIOLOGIQUE :

Le réflexe myotatique joue un rôle prépondérant dans les mécanismes nerveux contrôlant **l'activité posturale** .Il est d'ailleurs particulièrement bien développé dans les muscles antigravitaires

B- REFLEXE IPSILATERAL DE FLEXION

DEFINITION

On appelle réflexe ipsilatéral de flexion, la **contraction réflexe simultanée des muscles fléchisseurs** d'un membre provoquée le plus souvent par un **stimulus nociceptif** (piqûre, pincement, écrasement, brûlure, etc...) appliqué aux téguments de ce membre.

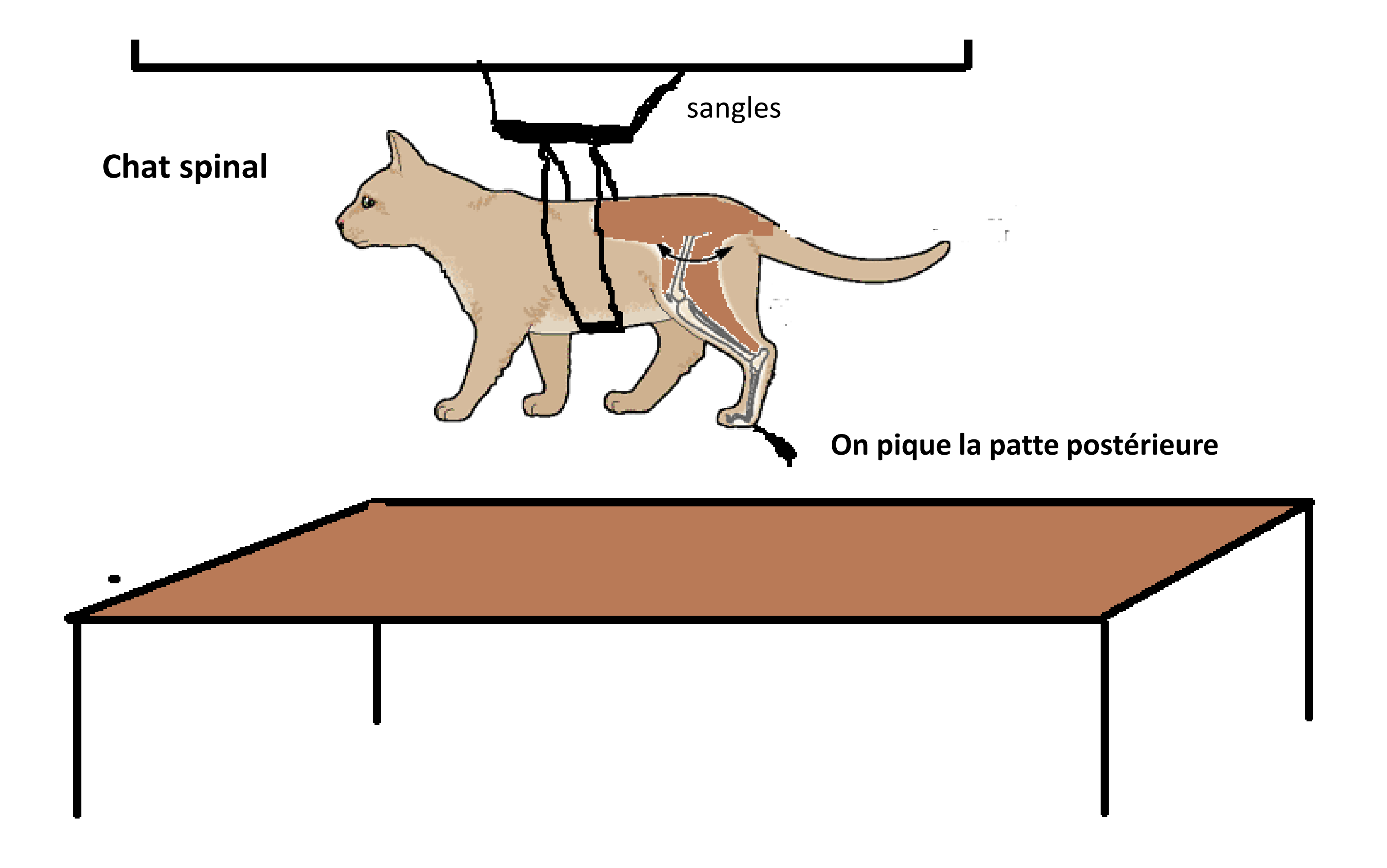
Ce réflexe a pour effet de **soustraire le membre à l'action nocive du stimulus.**

Ce réflexe est dit ***ipsilatéral*** parce que les muscles qui se contractent et le stimulus réflexogène sont localisés du même côté.

MISE EN EVIDENCE

Le réflexe ipsilatéral de flexion peut être très facilement mis en évidence chez l'animal spinal;
Exp chez un chien à l'aide de sangles passant sous le thorax et l'abdomen; ses membres postérieurs pendent inactifs.

- Si l'on pique la patte postérieur gauche de l'animal avec une aiguille, on observe un mouvement rapide de **retrait du membre** postérieur gauche qui résulte de la contraction simultanée des muscles **fléchisseurs** de la hanche (psoas, sartorius), des muscles **fléchisseurs** du genou (biceps postérieur et semi-tendineux) et des muscles **fléchisseurs** de la cheville (muscle tibial antérieur et long extenseur des orteils, long péronier).
- La contraction réflexe **persiste** quelques secondes après que le mouvement de flexion ait supprimé le contact de la peau avec le stimulus nociceptif, mais ne diminue que progressivement (**postdécharge)**



Dispositif de mise en évidence du reflexe de flexion

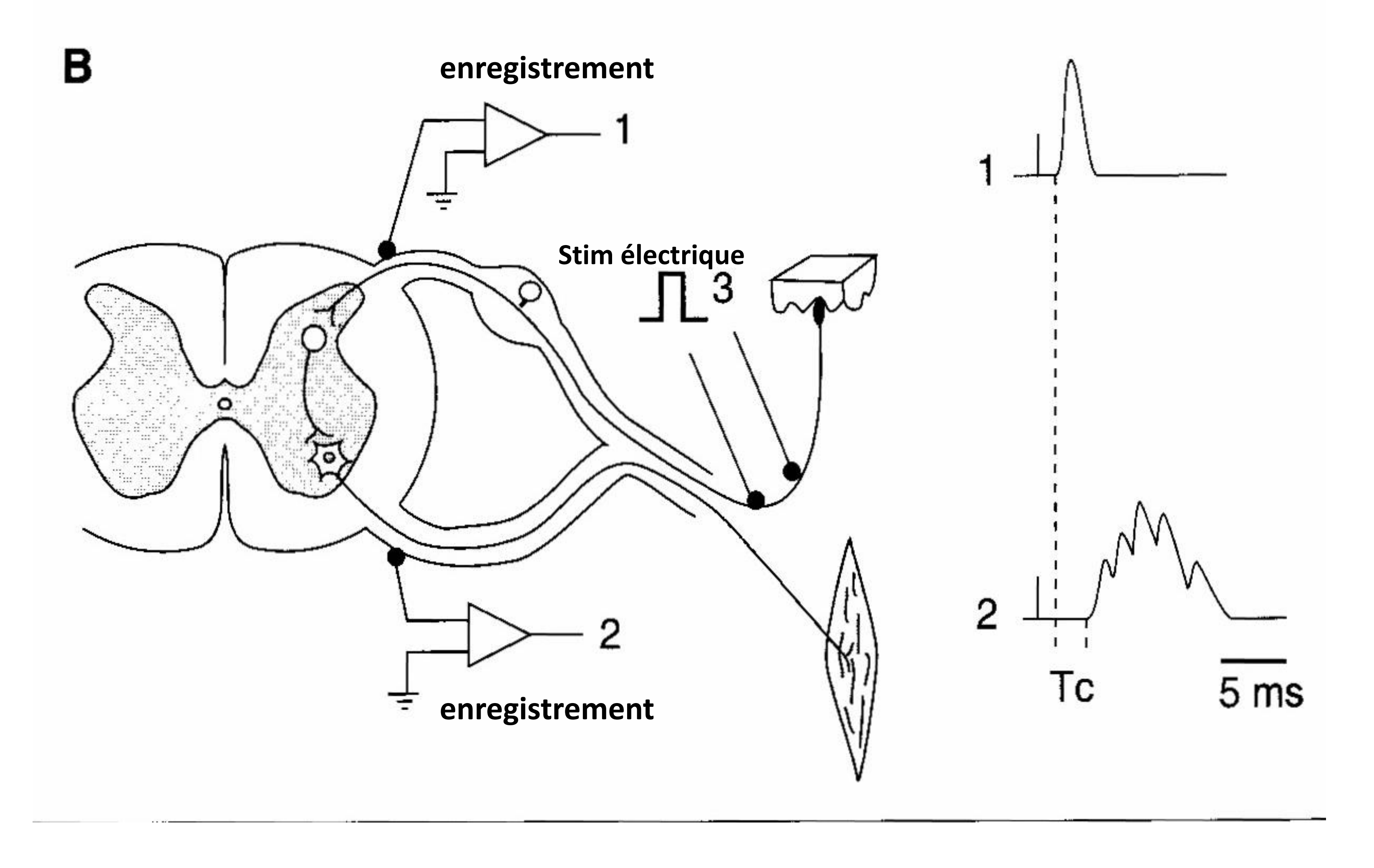
ELECTROPHYSIOLOGIE

L’électrophysiologie a tenté de déterminer le nombre de synapses centrales constituant l’arc réflexe.
Le procédé consiste à comparer le temps mis par les influx nerveux pour traverser la moelle épinière depuis le moment de l’entrée de la volée afférente sensorielle par les racines dorsales jusqu’au moment de la sortie de la réponse réflexe par les racines ventrales (**temps central),** et à **comparer ce temps au délai synaptique (une seule synapse)** moyen mesuré sur des synapses de la moelle épinière.

L'expérience de Llyod

Lloyd montre que la stimulation électrique des **ARF** (3) (afférence du reflexe de flexion: fibres **afférentes cutanées Aδ et C et musculaires II, III, IV**) provoque une volée d'influx qui remonte vers la moelle épinière. Le moment exact de l'entrée de la volée afférente dans la moelle est repéré grâce à une paire d'électrodes d'enregistrement placée sur une racine dorsale (1). Une deuxième paire d'électrodes, placée au point d'émergence de la racine ventrale du même segment spinal, mesure le moment exact où la réponse réflexe sort de la moelle (2**). La latence (3 à 4 ms)** entre les activités 1 et 2 représente le temps central (Tc) du réflexe, Il est **de trois à six fois supérieur au temps de passage d'une synapse centrale.**

Le réflexe ipsilatéral de flexion est donc polysynaptique.



L’expérience de Llyod

CARACTERISTIQUES

1-Le réflexe ipsilatéral de flexion est ***presque toujours d'origine nociceptive;*** néanmoins, chez l'animal spinale chronique, un contact cutané très léger suffit à le provoquer.

2- **polysynaptique**: mettant en jeu plusieurs synapses.

3-Présence de **post décharge: la contraction musculaire persiste quelques secondes après l'arret de la stimulation et diminue progressivement** . sa durée augmente avec l'augmentation de l'intensité de la stimulation.

4-Son amplitude augmente quand *l'intensité de stimulation augmente.*

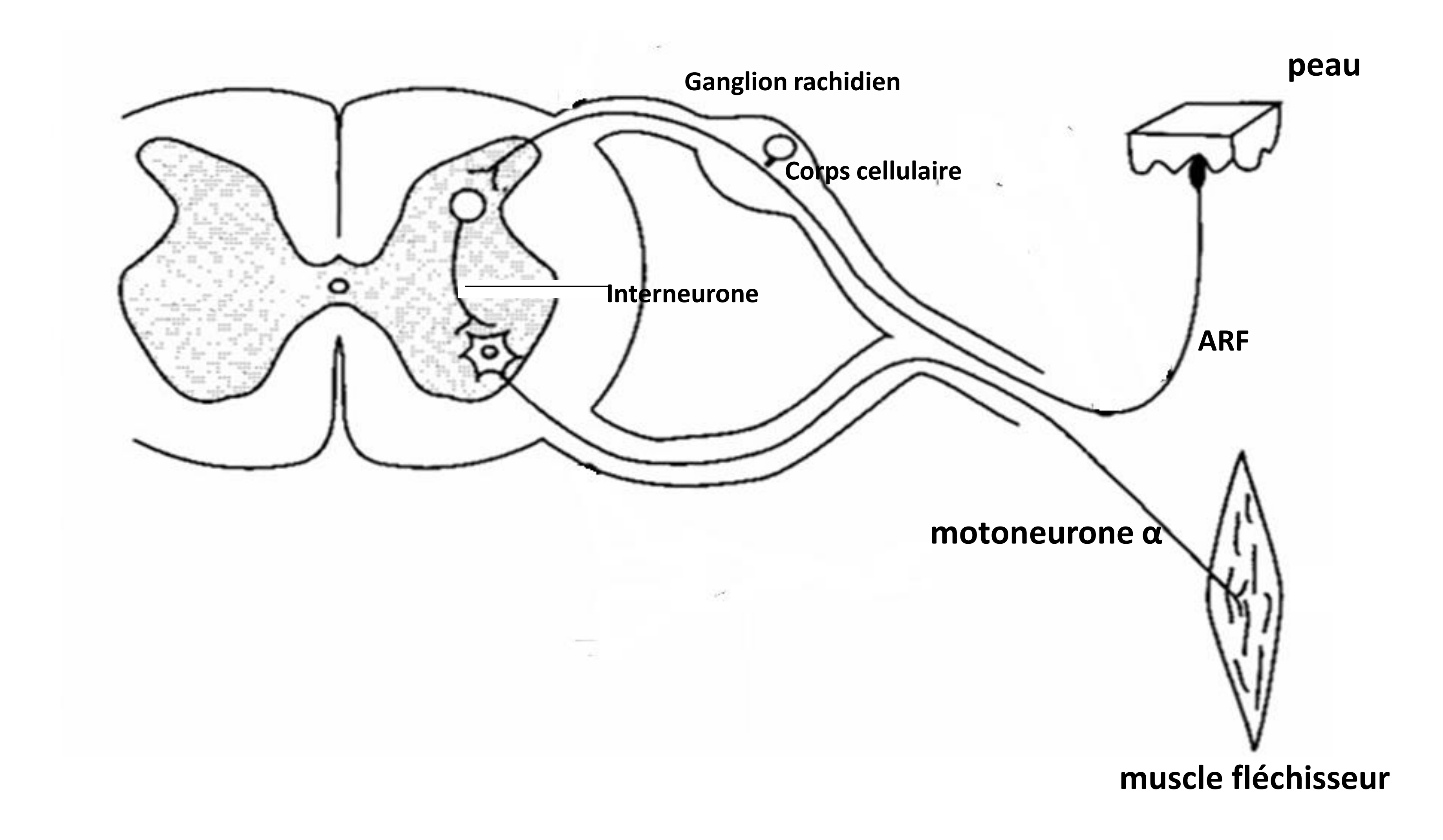
***5*-La zone reflexogène de ce reflexe est étendue.**

6- Le réflexe ipsilatéral de flexion ***est diffus :*** plusieurs muscles fléchisseurs, agissant sur des articulations différentes du membre (hanche, genou, cheville dans le cas du membre postérieur), sont activés simultanément et de manière coordonnée pour réaliser un mouvement capable de soustraire le membre à l'action du stimulus.

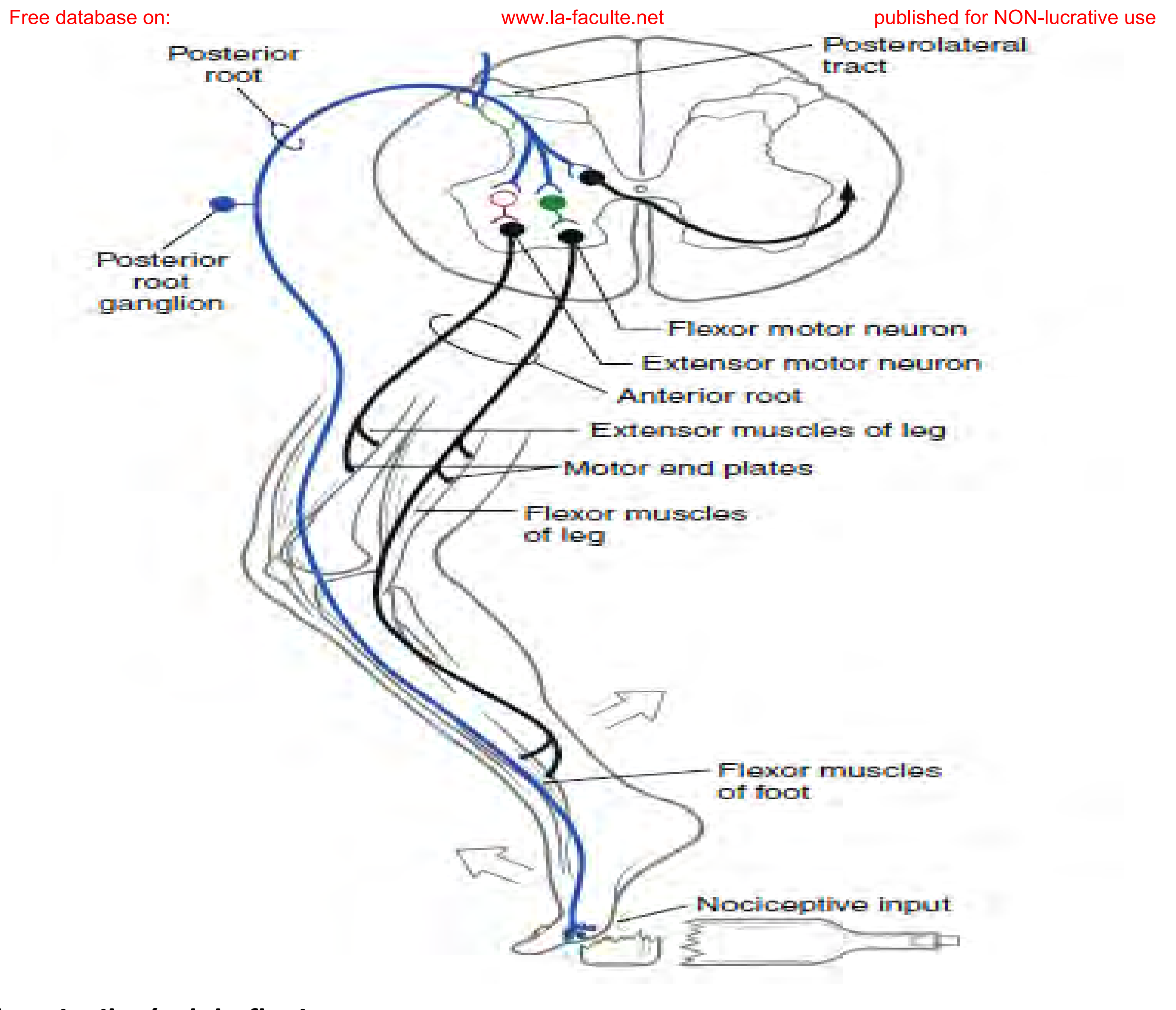
7- Ce réflexe est ***fatigable :*** l'amplitude de la réponse décroit rapidement, peut même disparaitre, si on stimule les ARF à une haute fréquence (supérieure à 10—20 /s)

8-sensible aux anesthésique et à l'anoxie

ORGANISATION



Reflexe ipsilatéral de flexion



Reflexe ipsilatéral de flexion

6 Ascending pathway to brain

1 Thermal pain receptor in finger

2 Afferent pathway

Stimulus

Components of a reflex arc

Receptor
Afferent pathway
Integrating center
Efferent pathway
Effector

a
b
c

3 Integrating center (spinal cord)

Response

Hand withdrawn

Biceps (flexor) muscle contracts

4 Efferent pathways

5 Effectors

Triceps (extensor) muscle relaxes

KEY

+ = Stimulates
– = Inhibits
= Synapse
= Excitatory interneuron
= Inhibitory interneuron
= Neuromuscular junction

1 Painful heat stimulus activates thermal pain receptor in finger.

2 Action potentials are generated in afferent pathway, which propagates impulses to the spinal cord.

3 Spinal cord serves as the integrating center. Here afferent neuron stimulates:
(**a**) excitatory interneurons, which stimulate motor neurons to biceps.
(**b**) inhibitory interneurons, which inhibit motor neurons to triceps.
(**c**) interneurons that are part of ascending pathway to brain.

4 One efferent pathway stimulates biceps to contract. Other efferent pathway leads to relaxation of triceps by preventing counterproductive excitation and contraction of this antagonistic muscle.

5 The biceps and triceps are effectors. Resultant flexion of elbow joint pulls hand away from painful stimulus. This response completes the withdrawal reflex.

6 Events that occur in brain on arrival of signal via ascending pathway, such as awareness of pain, memory storage, and so on, are above and beyond reflex arc.

L'arc reflexe est composé de:

Versant afférent : récepteur + voie afférente.

Les récepteurs: cutanés et musculaires innervés par le ARF

voie afférente :représentée par les fibres sensitives fines d'origine **cutanée (Aδ, C)** et les fibres sensitives d'origine **musculaire(II,III,IV)**. L'ensemble appelé **ARF (afférence du reflexe de flexion).**

<u>Centre nerveux</u>: moelle épinière

les ARF pénètrent dans la corne dorsale et établissent des connexions plus ou moins complexes avec des interneurones du même segment et des segments adjacents pour aboutir aux motoneurone alpha dans la corne ventrale.

<u>Versant efférent</u>: voie efférente + effecteur

Voie efférente : **motoneurone α** avec son axone.

Effecteur : muscles fléchisseurs .

ROLE PHYSIOLOGIQUE

La plupart des réflexes de flexion sont des réflexes de **protection** dans la mesure où ils entraînent un retrait d’un membre soumis à une stimulation douloureuse potentiellement destructrice.

Tableau récapitulatif

	Réflexe myotatique	Réflexe de flexion
Organisation	• Récepteurs musculaires: FNM • Afférence: fibre Ia • Arc monosynaptique • Muscles extenseurs	• Récepteurs cutanés et musculaire innervés par les ARF. • Afférence: ARF: fibres cutanés(Aδ, C) et musculaire (II,III,IV) • Arc polysynaptique • Muscles fléchisseurs
Caractères de la réponse	• Localisé • monosynaptique • Pas de postdécharge • Non fatigable • Résistante aux anesthésiques	• Diffuse • polysynaptique • Présence de postdécharge • Fatigable • Sensible aux anesthésiques
Nature de la réponse	• Extension • Lutte contre la pesanteur (rôle dans la posture et le tonus)	• Flexion • Rôle de protection contre les dangers nocifs

Conclusion:

L'étude des reflexes médullaires a permis de mettre en évidence les différents circuits neuronaux (afférences, les motoneurones, les interneurones) dans la moelle épinière et de mieux comprendre les différents mécanismes mis en jeu dans la locomotion et les reflexes de défense, cependant ces reflexes médullaires sont soumis à deux types de contrôle; un contrôle spinal et un contrôle supra spinal.

MERCI

Dr ZAMOUM. Mourad
mourad_zamoum@yahoo.fr